

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-304663

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.<sup>\*</sup>  
G 0 1 M 17/007  
B 6 0 T 8/24  
8/58  
B 6 2 D 6/00  
G 0 1 B 21/22

識別記号

F I  
G 0 1 M 17/00  
B 6 0 T 8/24  
8/58  
B 6 2 D 6/00  
G 0 1 B 21/22

Z

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全14頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平10-115622

(22)出願日

平成10年(1998)4月24日

(71)出願人 000005463

日野自動車工業株式会社  
東京都日野市日野台3丁目1番地1

(72)発明者 津曲 一郎

東京都日野市日野台3丁目1番地1 日野  
自動車工業株式会社内

(72)発明者 宮崎 清明

東京都日野市日野台3丁目1番地1 日野  
自動車工業株式会社内

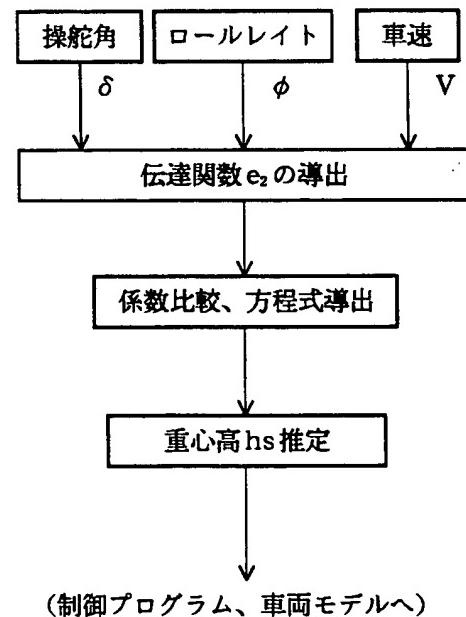
(74)代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54)【発明の名称】 車両の重心高さの推定演算装置

(57)【要約】

【課題】 横すべりあるいはホイール・リフトの状態など車両の挙動を実時間演算により合理的に推定する。特に、重心高さの推定を行う。

【解決手段】 車両の右左折または車線変更のときの操舵角およびその際発生するロール角にしたがって重心高さを求める。ロールを含む自由度を持つ力学モデルの操舵角に対するロールの伝達関数と、実車より採取されるデータよりAR法(自己回帰法)を用いて求められる操舵角に対するロールの伝達関数とは相等しいということから、係数比較を行い重心高さを導出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】走行中に運転者が入力する操舵角に対するロールを含む自由度を持つ力学モデルの伝達関数と、実車より採取されるデータよりAR法（自己回帰法）を用いて求められる操舵角に対するロールの伝達関数との各次数の係数が互いに等しいものとして重心高さを導出する手段を備えたことを特徴とする車両の重心高さの推定演算装置。

【請求項2】車両には自己回帰法（AR法）により走行状態でリアルタイムに自動更新される車両応答の演算回路を備え、前記導出する手段は、車両が走行している状態で、運転操作により入力される操舵角を微分演算子  $s$  の関数  $\delta(s)$  として表し、その操舵角により当該車両に発生するロールを微分演算子  $s$  の関数  $\phi(s)$  とするとき、操舵角に対するロールの伝達関数  $(\phi(s)/\delta(s))$  は重心高さが  $h_s$  である車両の運動方程式から演算される値

$$h_s \cdot f(s)$$

を微分演算子  $s$  の二次式として表し、一方、前記演算回路により演算される操舵角に対するロールの伝達関数  $(\phi(s)/\delta(s))$  を微分演算子  $s$  の二次式として表し、前記二つの微分演算子  $s$  の二次式の各次数項の係数がそれぞれ互いに等しいとする方程式により重心高さ  $h_s$  を推定する手段を含む請求項1記載の車両の重心高さの推定演算装置。

【請求項3】前記微分演算子  $s$  の一次項の係数が互いに等しいとする方程式により求めた重心高さ  $h_s$  を優先的に採用する手段を含む請求項1記載の車両の重心高さの推定演算装置。

【請求項4】前記推定する手段は、入力される操舵角の値および計測されるロール角の値について中央値を用いた零点補正を行う手段と、計測されるロール角の変化が大きい範囲を含みこの零点補正によりロール角の値が零となる時点を開始点および終了点として設定してこの開始点および終了点の間をサンプリングする手段と、このサンプリングする手段の出力データが通過するバンドパスフィルタ手段とを含む請求項2記載の車両の重心高さの推定演算装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は自動車の姿勢安定制御に関する。本発明は、ヨーあるいはロールなど走行中の車両の挙動に基づいて、車両の姿勢を安定な方向に自動的に制御する装置を利用する。本発明は、例えば、車両が走行中に横すべり状態になる可能性があることを自動的に検知演算して、全部または一部の車輪のブレーキ圧力を自動的に制御することにより、その車両を横すべりが生じる可能性の小さい状態に回復させる自動制御装置を利用することができます。本発明は、例えば高速走行

中の大きいハンドル操作など、車両の特性を越える運転操作により車両が運転者の意図しない挙動に達したときに自動的に安定な状態を回復させる姿勢制御に関する。本発明は、バス・トラックなど商業車両の横転防止に利用する。

## 【0002】

【従来の技術】従来からブレーキの電子制御装置や車両安定化制御装置（VSC、Vehicle Stability Control）などが知られている。ブレーキにかかる電子制御装置の代表的なシステムはABS（Antilock Brake System）である。これは車輪に回転センサを設けて車輪回転を検出し、ブレーキ圧力が大きいときに車輪回転が停止すると、車輪と路面との間にスリップがあったものとして、ブレーキ圧力を断続制御するものである。ABSは乗用車あるいは貨物車に広く普及し、ブレーキをかけながらもハンドルがきく装置として広く知られるところとなった。車両安定化制御装置（VSC）の代表的な装置としては、横すべり防止装置が知られている。これは、運転者が操作入力する操舵角（ハンドル角度）から、運転者が進もうとしている針路を読み取り、その針路に対して車速が大きすぎると、運転者がブレーキペダルを踏まなくとも自動的に減速のための制御がなされ、さらに針路から外れないように左右のブレーキ圧力を配分するなどの制御が行われる装置である。

【0003】すでに知られている車両姿勢安定化装置（VSC）（特開昭63-279976号公報、特開平2-112755号公報など）をさらに説明すると、車両の走行中に運転者が操舵を行うと、車両の向きが変化し車両にロールが生じる。このとき操舵による旋回内輪のタイヤが路面のグリップ限界を越えると、内輪がいわゆるホイール・リフト傾向となり、車両が横すべりをはじめると車両は右に傾斜する。このとき、正常な状態ではその操舵に応じて車両が旋回するが、走行速度に対して操舵の速さが大きすぎると、車両は右に傾斜しながら左車輪が浮きぎみな状態となり、運転者の意図する方向より右寄りに進行することになる。このような車両の挙動は、走行レーンの逸脱や、極端な場合には車両の横転を招く原因となる。

【0004】通常走行状態において、操舵の大きさと速さ、車両の速度、車両の横移動の速さ、および車両の向きの変化の速さ（ヨーレイト、垂直軸まわりの車両の回転加速度）を検出して演算することにより、車輪の横すべり開始点または内輪のホイールリフト開始点を予測し、横すべりあるいはホイールリフトが始まる前に車輪のブレーキ圧力を制御する装置が開発された。この車輪のブレーキ圧力制御は、必ずしも全輪同一のブレーキ圧力ではなく、一つの車輪について大きいあるいは小さいブレーキ圧力を印加して、車両の横すべりを防止するものである。このような装置は、原理的な構造や設計のみ

ならず、経済性および耐久性などもよく検討され、乗用車については市販品に実装される段階に達した。

【0005】このような従来例装置は、現在の操舵および制動を含む運転操作に係るパラメータと、現在の車両の挙動に係るパラメータから、すなわち現時点のパラメータからヨーレイットを演算し、これがあらかじめその車両について設定記憶された横すべりの可能性があるヨーレイットに達すると判定されたときに、自動的に車両のブレーキ圧力を制御するように構成されている。この横すべりの可能性は、運転操作入力および各種センサ出力である車両の挙動データから伝達関数による演算が実行される。

【0006】従来の伝達関数演算装置ではこの伝達関数による演算は、高速フーリエ演算が広く用いられている演算方法である。すなわち操作入力についてのデータおよび挙動データを周波数分解し、フーリエ関数を利用して応答を近似演算するものである。高速フーリエ演算は、コンピュータ装置にインストールして利用できる汎用のアナライザが簡単に入手できるなど便利な点がある。

【0007】このような車両の姿勢制御を行う装置では、車両の重心位置はきわめて重要なパラメータである。大型貨物自動車に代表される大型商業車両では、積荷の状態によってその重心位置が変化する。バスの場合には、特に路線バスでは、乗客の乗り降りにより車両の重心位置が変化する。車両の横転防止をはかる姿勢制御に関しては、車両の重心高さが重要なパラメータになる。

【0008】従来、車両の重心は静的に計測することができるが、走行状態でリアルタイムに計測する方法はない。すなわち、重心位置を計測しようとする車両を水平な路面に停車させた状態で各車輪の荷重分担を計測し、つぎにその車両を前後方向に勾配のある路面および左右方向に勾配のある路面に移動させて、各車輪の荷重分担を計測することにより、重心高さを含む重心位置を三次元的に計測することができる。

【0009】従来の姿勢制御装置を図21ないし図23を参照して説明する。図21は従来の姿勢制御の全体構成例を示す図である。車両1は姿勢制御装置の被制御対象である。車両1には、操舵、制動、加速、その他運転操作入力が与えられ、それに対する応答が車両の挙動である。この車両1には姿勢制御装置2が搭載される。そしてこの姿勢制御装置2は車両安定化制御装置(VSC)3および電子制御制動装置4を含む。この電子制御制動装置4は従来のABS手段に代表される装置である。

【0010】その車両の挙動をデータとして観測するために、その車両1に搭載されたセンサ類11からは挙動データが出力される。挙動データは、速度、横方向加速度、ヨーレイット、ロールレイト、車輪回転情報、その他

である。

【0011】車両安定化制御装置3は、運転操作入力および挙動データを入力として、車両の挙動を予測演算し、その結果を電子制御制動装置4に与える。電子制御制動装置4は、同じく運転操作入力および挙動データを取り込み、それに加えて車両安定化制御装置(VSC)3の出力を取り込み、車両1に対する運転操作入力および外乱入力に対する安全方向への自動制御出力を送出し、これは修正入力となる。

【0012】図22は従来の姿勢制御装置のシステム構成図である。制御装置51はプログラム制御されるコンピュータ回路を含む車両に搭載された電子装置であり、車両の運転操作入力およびその車両の挙動データを入力としその車両の運動状態を演算出力する車両安定化制御装置(VSC)と、この車両安定化制御装置の演算出力にしたがって運転操作入力および外乱入力を安全側に修正する修正入力をその車両に与える制御手段とを含む。

【0013】この車両にはヨーレイットセンサ52、横方向加速度センサ53、ロールレイトセンサ60、および前後方向加速度センサ61が実装され、これらの各検出出力は制御装置51に接続されている。4個の車輪54にはそれぞれ車輪回転センサ55が取付けられ、これらの検出出力も制御装置51に接続される。ブレーキ・ブースタ・アクチュエータ56にはブレーキ圧センサ57が取付けられ、この検出出力は同じく制御装置51に接続される。操舵ハンドル58には操舵角センサ59が取付けられ、その出力は制御装置51に接続される。内燃機関を制御するガバナ62にはガバナセンサ63が組み込まれ、ガバナ62の状態を検出しその検出出力は制御装置51に接続される。図23は前記各センサの車両への実装例を示す斜視図である。図22および図23には2軸構造の車両が示されているが、大型車両の場合には3軸あるいは4軸構造が用いられる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来伝達関数演算に利用されている高速フーリエ演算では、(1)周波数の低い信号に対して長時間にわたるデータが必要である、(2)データの数は2の幂乗(8、16、32、64...)でなければならず適当なデータ数が得られない場合がある、(3)フィード・バック制御が行われるクローズド・ループは演算不能であるなどの欠点がある。特に、トラックやバスなどの商用車では、挙動データの中に振動周波数が百分の1ヘルツ程度の成分があり、このような挙動データに対して、高速フーリエ演算による伝達関数の演算のためには少なくともその周期の2倍である200秒にわたる実時間のデータが必要になる。これでは、走行中に実時間で演算する実用的な装置を得ることができないことになる。これは商用車の姿勢制御装置の実現を妨げる大きい問題点である。

【0015】また、大型車両では、積荷の状態により、

あるいは乗客の搭乗数およびその着席位置により、車両の物理特性は大きく変動する。すなわち、乗用車の場合には乗客数に変動があるとしても、乗客の体重（例えば一人当たり50kg）は車両の全重量（例えば2000kg）に対して小さくかつ搭乗人員は少人数である。しかも乗客の搭乗位置は重心の低い位置に固定されているから、乗客数が変動する場合にも、車両の物理定数を保持する車両モデルを固定的に設定して演算を行っても姿勢制御装置の演算結果には大きい影響はない。しかし大型車両では、貨物用車両の場合には、積荷がない場合と積載可能限界に近い典型的な積荷がある場合とでは車両全体の重量も重心位置も大きく変わる。したがって車両の物理特性は大きく変化するから、固定的な車両モデルを使用して演算を行っても現実的な値とならない。

【0016】さらにトラックでは、積荷は常に一定の状態で積まれるわけではなく、その重量および積載の位置あるいは重心の位置はその都度変化する。大型バスの場合でも、乗客の搭乗数はゼロから約50人までの間を変動し、その搭乗乗客の車両内での位置もその都度変化する。定期バスの場合には停留所毎に変化することになる。したがって、姿勢制御の基礎となる車両モデルを固定的に設定したのでは実用的な姿勢制御はできないことになる。

【0017】ここで、前記パラメータのうち、重心高さについて考察してみると、従来はJISの保安基準等に記載されている静的に測定する方法があるだけで、走行中の車両についてリアルタイムに重心高さを測定することはできなかった。

【0018】すなわち、従来のような計測方法では、車両重心の変化について現時点のデータを利用することができない。特に、積荷の重量および荷姿が変化する貨物自動車では、積荷の積み降ろしのつど車両重心を計測することはできないから、姿勢制御はその大略の値を利用して行うことになる。

【0019】特に、重心高さは、積荷の荷姿によって変化するために、例えば、配送に出発する時点で測定した重心高さは、積荷を客先に降ろすことにより変化するため、これを姿勢制御装置のデータとして用いることはできない。したがって、重心高さを走行中にリアルタイムで測定できる技術が要求される。

【0020】本発明はこのような背景に行われたものであって、大型車両とくに商業車に適する姿勢制御装置を提供することを目的とする。本発明は、挙動データに低い周波数成分が多く含まれる大型車両に適応するための姿勢制御装置を提供することを目的とする。本発明は、積荷あるいは乗客の状態が変化する車両に適応するための姿勢制御装置を提供することを目的とする。本発明は、積荷あるいは乗客の状態が変化しても、車両モデルが自動的に追従する姿勢制御装置を提供することを目的とする。本発明は、車両の特性を越えた運転制御による

大型自動車の走行レーンからの逸脱防止および横転防止を目的とする。本発明は、車両の重心高さをリアルタイムに推定することができる装置を提供することを目的とする。本発明は、車両の姿勢制御装置の制御精度を向上させることを目的とする。

#### 【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、重心高さをリアルタイムで求めることを特徴とする。すなわち、本発明は、車両の右左折または車線変更のときの操舵角およびその際発生するロール角にしたがって重心高さを求めることを特徴とする。

【0022】ロールを含む自由度を持つ力学モデルの操舵角に対するロールの伝達関数と、実車より採取されるデータよりAR法（自己回帰法）を用いて求められる操舵角に対するロールの伝達関数とは相等しいということから、係数比較を行い重心高さの導出を試みた。

【0023】ここで、AR法とは、現在のデータを得るために、過去のデータに重み係数をかけて逆上って演算を行う方法である。一般にAR法と高速フーリエ演算法（FFT）を比較すると、FFTでは汎用のアナライザが簡単に入手できること、計算が開始されると演算は短時間で完結すること、などの利点があるが、周波数の低い（周期の長い）成分に対して適正な分解能を得るためにには、その周期の2倍ほどの時間にわたるデータが必要である。例えば大型車両の挙動データには、百分の1ヘルツ（周期百秒）というような周波数成分が含まれているので、実時間により演算ができないことになる。これに対してAR法では、過去のデータに重み係数をかけて逆上って演算を行うので、相応の結果が逐一得られることになり実時間制御のための演算として適している。また、FFT法ではデータの数が2の幂乗、すなわち2<sup>n</sup>でなければならないが、AR法ではデータの数に制約がなくその時点毎に保持するデータを用いて演算できるから自由度が大きくなる。またFFT法ではクローズド・ループ、すなわち演算結果が挙動データに直ちに帰還されるループ制御を行うような場合の演算が原理的に不可能であるが、AR法ではクローズド・ループ演算に適するものであり、自動車の姿勢制御のようにつねにループ制御が行われている装置では有利である。

【0024】このように、本発明では操舵角に対するロール方向の運動に注目し、運動モデルと実験データにより求められる「AR法のモデル」との伝達関数の係数を比較することによって重心高さの推定を試みた。その結果、

1. これらより重心高さを推定することは十分可能である。
2. 実際の荷姿による重心高さの違い、いわゆる平荷、高荷の判定も可能である。ということが明らかになつた。

【0025】すなわち、本発明は、車両の重心高さの推

定演算装置であって、走行中に運転者が入力する操舵角に対するロールを含む自由度を持つ力学モデルの伝達関数と、実車より採取されるデータよりAR法（自己回帰法）を用いて求められる操舵角に対するロールの伝達関数との各次数の係数が互いに等しいものとして重心高さを導出する手段を備えたことを特徴とする。

【0026】さらに詳細には、車両には自己回帰法（AR法）により走行状態でリアルタイムに自動更新される車両応答の演算回路を備え、前記導出する手段は、車両が走行している状態で、運転操作により入力される操舵角を微分演算子  $s$  の関数  $\delta(s)$  として表し、その操舵角により当該車両に発生するロールを微分演算子  $s$  の関数  $\phi(s)$  とするとき、操舵角に対するロールの伝達関数  $(\phi(s)/\delta(s))$  は重心高さが  $hs$  である車両の運動方程式から演算される値

$$hs \cdot f(s)$$

を微分演算子  $s$  の二次式として表し、一方、前記演算回路により演算される操舵角に対するロールの伝達関数  $(\phi(s)/\delta(s))$  を微分演算子  $s$  の二次式として表し、前記二つの微分演算子  $s$  の二次式の各次数項の係数がそれぞれ互いに等しいとする方程式により重心高さ  $hs$  を推定する手段を含むことが望ましい。これにより、操舵角とロール角とを検出することによって、リアルタイムに重心高さを推定することができる。

【0027】前記微分演算子  $s$  の一次項の係数が互いに等しいとする方程式により求めた重心高さ  $hs$  を優先的に採用する手段を含む構成とし、さらに、前記推定する手段は、入力される操舵角の値および計測されるロール角の値について中央値を用いた零点補正を行う手段と、計測されるロール角の変化が大きい範囲を含みこの零点補正によりロール角の値が零となる時点を開始点および終了点として設定してこの開始点および終了点の間をサンプリングする手段と、このサンプリングする手段の出力データが通過するバンドパスフィルタ手段とを含む構成とすることが望ましい。これにより、重心高さの推定精度を向上させることができる。

#### 【0028】

【発明の実施の形態】発明の実施の形態を図1、図2および図9、図10を参考して説明する。図1は本発明第一実施例の手順を示すフローチャートである。図2は本発明第一実施例の手順を示すブロック構成図である。図9は本発明第二実施例の手順を示すフローチャートである。図10は本発明第二実施例の手順を示すブロック構成図である。なお、全体構成は図21ないし図23に示した従来例と共通である。

【0029】本発明は、車両の重心高さの推定演算装置であって、図1に示すように、走行中に運転者が入力する操舵角に対するロールを含む自由度を持つ力学モデルの伝達関数と、実車より採取されるデータよりAR法（自己回帰法）を用いて求められる操舵角に対するロー

ルの伝達関数との各次数の係数が互いに等しいものとして重心高さを導出する手段を図22および図23に示す制御装置51に備えたことを特徴とする。

【0030】図22および図23に示す制御装置51には、車両には自己回帰法（AR法）により走行状態でリアルタイムに自動更新される車両応答の演算回路を備え、制御装置51は、車両が走行している状態で、運転操作により入力される操舵角を微分演算子  $s$  の関数  $\delta(s)$  として表し、その操舵角により当該車両に発生するロールを微分演算子  $s$  の関数  $\phi(s)$  とするとき、操舵角に対するロールの伝達関数  $(\phi(s)/\delta(s))$  は重心高さが  $hs$  である車両の運動方程式から演算される値

$$hs \cdot f(s)$$

を微分演算子  $s$  の二次式として表し、一方、前記演算回路により演算される操舵角に対するロールの伝達関数  $(\phi(s)/\delta(s))$  を微分演算子  $s$  の二次式として表し、前記二つの微分演算子  $s$  の二次式の各次数項の係数がそれぞれ互いに等しいとする方程式により重心高さ  $hs$  を推定する。

【0031】本発明第一実施例では、図2に示すように、微分演算子  $s$  の二次項の係数が互いに等しいとする方程式により求めた重心高さ  $hs$  を採用する。これに対し、本発明第二実施例では、図10に示すように、微分演算子  $s$  の一次項の係数が互いに等しいとする方程式により求めた重心高さ  $hs$  を優先的に採用することを特徴とする。

【0032】さらに、本発明第二実施例では、図9に示すように、制御装置51は、入力される操舵角の値および計測されるロール角の値について中央値を用いた零点補正を行い、計測されるロール角の変化が大きい範囲を含みこの零点補正によりロール角の値が零となる時点を開始点および終了点として設定してこの開始点および終了点の間をサンプリングし、このサンプリングによる出力データが通過するバンドパスフィルタを含むことを特徴とする。

#### 【0033】

【実施例】大型車の特徴として軸構成によって2軸、3軸、4軸車に分類され、ホイールベースも各種存在するため、車両の運動特性が異なってくる。図3は車両の運動特性を示す図である。横軸に周波数をとり、縦軸に利得および位相をとる。同一車軸構成の車型でホイールベース（WB(1) < WB(2) < WB(3)）違いで見ると図3に示すように、いずれも安定した状態を示すホイールベースが短くなる程、操舵感度が高くなることを示している。

【0034】また、車両の使われ方から見ると空車、積車状態で軸重が大きく変化し、荷姿によって重心が大きく変わるので、運動特性として重心位置と高さを把握することが肝要である。

【0035】図4は重心高さとロールレートとの関係を示す図であり、重心高さによるロールの特性の違いを進路変更時（所要距離40m、時速90km/h）のデータで示したものである。横軸に時間をとり、図4(a)では縦軸に操舵角をとり、図4(b)では縦軸にロールレートをとる。重心高さが高い場合には、ロールレートが大きく、また位相遅れを生ずる。通常、ドライバーは荷姿によって変わるロール感を十分に認知でき、安全走行が確保されているが、本発明実施例はこの特徴を用いて重心高さを推定する手法を検討したものである。

【0036】図5は本発明実施例で用いた力学モデルを示す図である。図5に示すようなロールを含む自由度を持つ力学モデルの操舵に対するロールの伝達関数と、実車より採取されるデータよりAR法を用いて求められる操舵に対するロールの伝達関数とは相等しい、ということから係数比較を行い重心行の導出を行う。

【0037】(第一実施例) 車両の力学モデルを作成し、操舵角に対するロールの伝達関数を導き出すため事前に固定した座標系にしたがって、図5に示すように運動を記述する。重心高さとロールとの関係を記述するため、ロールを含み車両横滑り角、ヨーレイトの3自由度

を考える。運動方程式の全体は以下のようになる。

【0038】 $hs$ ：バネ上重心点とロールセンタとの距離

$hrs$ ：ロールセンタと地面との距離

$I$ ：ヨーリングモーメント

$K_f$ ：前輪タイヤのコーナリングパワー

$K_r$ ：後輪タイヤのコーナリングパワー

$M_s$ ：バネ上重量

$M$ ：車両総重量

$M_u$ ：バネ下重量

$k_{fai}$ ：ロール剛性

$l_f$ ：フロントアクスルと重心位置との距離

$l_r$ ：リアアクスルと重心位置との距離

$V$ ：車速

$\beta$ ：横スベリ角

$\gamma$ ：ヨーレイト

$\delta$ ：操舵角

$\phi$ ：ロール角

として、

【0039】

【数1】

$$sx = A'x + Bu$$

$$A' = M^{-1}A''$$

$$M = \begin{pmatrix} MV & 0 & -Mhs & 0 \\ 0 & I & 0 & 0 \\ -MhsV & 0 & I_\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$A'' = \begin{pmatrix} 2(K_f + K_r) & \frac{2(K_f L_f - K_r L_r)}{V} - MV & 0 & -2(K_f \alpha_f + K_r \alpha_r) \\ 2(K_f L_f - K_r L_r) & \frac{2(K_f L_f^2 + K_r L_r^2)}{V} & 0 & -2(K_f L_f \alpha_f - K_r L_r \alpha_r) \\ 0 & MhsV & -C_\phi & -K_\phi \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B = M^{-1}B'$$

$$B' = (-2K_f, -2K_r L_f, 0, 0)^T$$

$$x = (\beta \ \gamma \ \phi \ \phi)^T$$

$$\phi(s) = Cx \cdot \delta(s)$$

ロールに注目し、操舵角入力に対するロールの伝達関数として展開すると、

【0040】

【数2】

$$\frac{\phi(s)}{\delta(s)} = Cx \\ = CA^{-1}B \quad \cdots \cdots [1]$$

となる。ただし、

【0041】

【数3】

$$\frac{\phi(s)}{\delta(s)} = \frac{e_2 s^2 + e_1 s + e_0}{\det(A)} \quad \cdots \cdots [2]$$

となる。

【0043】ここで、実車より得られるデータの入力と出力にAR法を適用して得られるARモデルは一般には

$$a(q)y(t) = b(q)u(t-nk) + e(t) \quad \cdots \cdots [3]$$

これを連続系に変換し、実車が理論式のところで述べたような自由度の運動をするならば、得られる伝達関数の次数は理論式(2)と一致する。したがって、式(2)および式(3)の伝達関数  $s$  のおのおのの係数は一致するということを拘束条件として用いることで次が成り立つ。 $s^2$  の項の係数を  $e_2$  とすると重心高さ( $hs$ )は

$$hs = \frac{e_2 K_{tm} \left( \frac{2K_r K_t (L_t + L_r)^2}{V} - (K_r L_t - K_t L_r) (M_s + M_b) V \right)}{IK_t M_b V}$$

のようになる。

【0046】図6は静的に重心高さを測定する方法を示す図である。静的に重心高さを測定する方法はJISの保安基準等に記載されている図6の方法があり、ここでは中型トラックを用いて、その荷台上に直接コンクリートロードを搭載した平衡状態、およびこれを特殊枠により笠上げして搭載した、いわゆる高荷状態の2仕様と空車で、それぞれの重心高さを実測しこれを真値とした。すなわち、

$$hs = (W \cdot L_r - W_f \cdot L) / W t \tan \alpha$$

ただし、W : 車体総重量

Wf : 前輪にかかる重量

L : 前輪から後輪までの距離

Lr : 重心位置から後輪までの距離

 $\alpha$  : 傾斜角度

として計算する。次に、これらの状態で一般道を通常の流れに沿って走行し、走行中の車両挙動として操舵角、ロールレイト、車速を測定した。

【0047】走行中のロール挙動をサンプリングして推定した重心高さの状況を図7に示す。横軸に時間をとり、縦軸に重心高さをとる。重心高さは常に変動しており、採取データをそのまま理論処理したのでは、問題が

$$A = sE - A'$$

E: 単位行列

det(A): A の行列式

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

である。式(1)は、

【0042】

【数4】

次のようになる。

【0044】

【数5】

$e_2$  および車両の関係する諸元の関数である。すなわち、車両の諸元と伝達関数の係数  $e_2$  がわかれば重心高さが導出でき、図2に示すように、

【0045】

【数6】

あることを示している。図8はヨーレートおよびロール角度と操舵角との関係を示す図である。横軸に操舵角をとり、図8(a)では縦軸にヨーレイトをとり、図8(b)では縦軸にロール角度をそれぞれとる。これは一般に操舵入力に対してロールレイトはヨーレイトに比べ路面のカントや凹凸の影響を受け易く、図8に示すように操舵入力に対する相関性が低いことに起因している。

【0048】(第二実施例)このような状況において、的確に操舵に対するロールの応答成分を抽出する為に、図9に示すステップS1~S4に示すように、連続的な前処理を行い重心推定の計算システムに入力するように配慮した。

【0049】図11は計測器の誤差による零点ドリフトを示す図である。横軸に時間をとり、縦軸にロールレイトをとる。図22および図23に示すロールレイトの計測器であるロールレイトセンサ60には誤差が含まれており、図11に示すように、零点ドリフトが生じる。したがって、ロールレイト入力は計測器の零点ドリフトの影響を防ぐ必要がある。

【0050】図12は中央値を用いた零点補正の状況を示す図である。図12(a)では、横軸に時間をとり、縦軸にロールレイトをとる。図12(b)では、横軸に

ロールレイトをとり、縦軸に頻度をとる。本発明第二実施例では、図12に示すように、計測信号の累積平均値を零点として取り扱うこととした。

【0051】また、操舵によるローレイト挙動の対応付けを上げるために、ある大きさ、速さの操舵入力をトリガとして、これに適応した適切な区間をサンプリングし入出力の整合性を高めている。

【0052】図13は従来の操舵角およびローレイトのサンプリングを示す図である。横軸に時間をとり、図13(a)は縦軸に操舵角、図13(b)は縦軸にローレイトをそれぞれとる。従来は、図13に示すように、サンプリング区間を固定していたが、これによれば、必要なデータの欠落が生じる可能性がある。図13の例では、図13(a)において、操舵が行われた〇印を付した部分のローレイトは、実際に操舵が行われてから少し遅れて現れる。ところが、図13(b)では、図13(a)の操舵が行われた〇印を付した部分のローレイトが現れたのは、すでにサンプリングが終了した後である。これにより、図13(a)の操舵が行われた〇印を付した部分のローレイトはデータとして取り込まれないことになり、精度の高いサンプリングを行うことはできない。

【0053】図14は本発明第二実施例の操舵角およびローレイトのサンプリングを示す図である。横軸に時間をとり、図14(a)は縦軸に操舵角、図14(b)は縦軸にローレイトをそれぞれとる。本発明第二実施例では、図13に示したような問題を解決するために、図14(a)および(b)に示すように、操舵角およびローレイトが共に零である点を開始点および終了点とし、その間に500点以上のデータが存在する区間をサンプリングすることとした。

$$h_s = \frac{e_1 K_{sd} \left( \frac{2K_r K_t (L_t + L_r)^2}{V} - (K_t L_t - K_r L_r) (M_s + M_u) V \right)}{2K_r K_t L_t (L_t + L_r) M_s}$$

のようになる。

【0058】(実施例まとめ)図16は本発明第一実施例の重心高さ推定結果を示す図である。図17は本発明第二実施例の重心高さ推定結果を示す図である。図16および図17とともに横軸に時間をとり、縦軸に重心高さをとる。本発明第一実施例により、従来は静的にしか推定できなかった重心高さがリアルタイムで推定できるようになった。しかし、その推定値は図16に示すように、真値と比較すると誤差の大きいものである。そこで、本発明第二実施例では、図9に示すステップS1～S4を実行することにより、図17に示すように、推定値と真値とが飛躍的に一致していることがわかる。

【0059】以下に解析事例を示す。図18は一般道における解析事例を示す図である。図18は横軸に時間をとり、図18(a)は縦軸に操舵角をとり、図18

【0054】図15は本発明第二実施例のバンドパスフィルタの特性を示す図である。図15(a)は横軸に時間をとり、縦軸にローレイトをとる。図15(b)は横軸に時間をとり、縦軸にローレイト角をとる。図15(c)は横軸に時間をとり、縦軸に操舵角をとる。図15(d)は横軸に時間をとり、縦軸にローレイト角をとる。図15(e)は横軸に時間をとり、縦軸に操舵角をとる。図15(f)は横軸に時間をとり、縦軸にローレイト角をとる。図15(g)は横軸に周波数をとり、縦軸に電力スペクトル密度をとる。

【0055】図15(c)、(d)、(e)、(f)に示すように、ローレイトは高周波域では路面の不整や斜め目地等の左右方向の揺れに敏感である。一方、図15(a)、(b)に示すように、低周波域では路面坎坷や轍掘れによる車体の揺れがロールとして積分する際に積分誤差を生ずる。これらの影響を防ぐために、バンドパスフィルタを用い、積分誤差が乗る低周波および路面不整からくる外乱が乗る高周波をともに切り捨てるこことにより操舵域に対する感度を上げている。

【0056】これらの処理を行った後に、図9のステップS4に示すように、AR法によって1入力1出力の伝達関数を求めて重心高さの導出を行う。本発明第二実施例では、sの項の係数 $e_1$ を用いて重心高さを導出することを特徴とする。これは係数 $e_1$ が本発明第一実施例の係数 $e_2$ と比較して安定しているためである。sの項の係数を $e_1$ とすると重心高さ(hs)は $e_1$ および車両の関係する諸元の関数である。すなわち、車両の諸元と伝達関数の係数 $e_1$ がわかれば重心高さが導出でき、図10に示すように、

【0057】

【数7】

(b)は縦軸にローレイトをとり、図18(c)は縦軸に速度をそれぞれとる。また、テストコースにおける事例として図4の例を用いる。図19はテストコースおよび一般道における重心高さの推定結果を示す図である。横軸にテストコースおよび一般道a、bをとり、縦軸に重心高さをとる。

【0060】図18の矢印部(←)が伝達関数を求めるために用いた部分である。操舵角入力とローレイトの相関性が十分でs/n比が高いとき(a部)に推定が可能となっている。

【0061】一方で、入出力が十分でないときや速度の変化が大きいとき(b部)には推定結果は真値と異なる値が算出されている。以上よりs/n比が高く速度の変化が小さいことが推定に必要な前提条件である。

【0062】この前提条件で、積載条件を変えて重心高

さが異なる状態の車両での重心高さを算出した事例を図20に示す。図20は空車、平荷、高荷における重心高さの推定結果を示す図である。横軸に空車、平荷、高にて、縦軸に重心高さをとる。図20からわかるように、荷姿による重心高さの差異が検出できて傾向もよく一致している。

#### 【0063】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、大型車両とくに商業車に適する姿勢制御装置を実現することができる。挙動データに低い周波数成分が多く含まれる大型車両に適応するための姿勢制御装置を実現することができる。積荷あるいは乗客の状態が変化する車両に適応するための姿勢制御装置を実現することができ。積荷あるいは乗客の状態が変化しても、車両モデルが自動的に追従する姿勢制御装置を実現することができる。車両の特性を越えた運転制御による大型自動車の走行レーンからの逸脱防止および横転防止を行うことができる。車両の重心高さをリアルタイムに推定することができる。車両の姿勢制御装置の制御精度を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一実施例の手順を示すフローチャート。

【図2】本発明第一実施例の手順を示すブロック構成図。

【図3】車両の運動特性を示す図。

【図4】重心高さとロールレートとの関係を示す図。

【図5】本発明実施例で用いた力学モデルを示す図。

【図6】静的に重心高さを測定する方法を示す図。

【図7】走行中のロール挙動をサンプリングして推定した重心高さの状況を示す図。

【図8】ヨーレートおよびロール角度と操舵角との関係を示す図。

【図9】本発明第二実施例の手順を示すフローチャート。

【図10】本発明第二実施例の手順を示すブロック構成図。

【図11】計測器の誤差による零点ドリフトを示す図。

【図12】中央値を用いた零点補正の状況を示す図。

【図13】従来の操舵角およびヨーレイトのサンプリングを示す図。

【図14】本発明第二実施例の操舵角およびヨーレイト

のサンプリングを示す図。

【図15】本発明第二実施例のバンドパスフィルタの特性を示す図。

【図16】本発明第一実施例の重心高さ推定結果を示す図。

【図17】本発明第二実施例の重心高さ推定結果を示す図。

【図18】一般道における解析事例を示す図。

【図19】テストコースおよび一般道における重心高さの推定結果を示す図。

【図20】空車、平荷、高荷における重心高さの推定結果を示す図。

【図21】従来の姿勢制御の全体構成例を示す図。

【図22】従来の姿勢制御装置のシステム構成図。

【図23】前記各センサの車両への実装例を示す斜視図。

#### 【符号の説明】

1 車両

2 姿勢制御装置

3 車両安定化制御装置（VSC）

4 電子制御制動装置（EBS）

5 オブザーバ

6 数値モデル

7 演算手段

8 評価手段

9 制御量演算手段

11 センサ類

51 制御装置

52 ヨーレイトセンサ

53 横方向加速度センサ

54 車輪

55 車輪回転センサ

56 ブレーキ・ブースタ・アクチュエータ

57 ブレーキ圧センサ

58 操舵ハンドル

59 操舵角センサ

60 ロールレイトセンサ

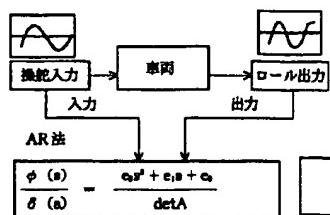
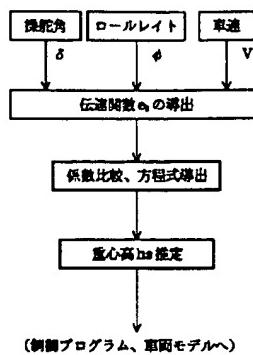
61 前後方向加速度センサ

62 ガバナ

63 ガバナセンサ

S1～S4 ステップ

【図1】



$$\frac{\phi(s)}{\delta(s)} = \frac{c_0 s^2 + c_1 s + c_2}{\text{det} A}$$

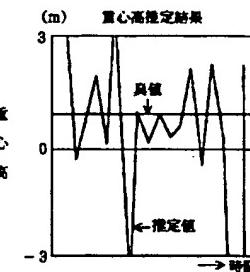
運動方程式

係数比較

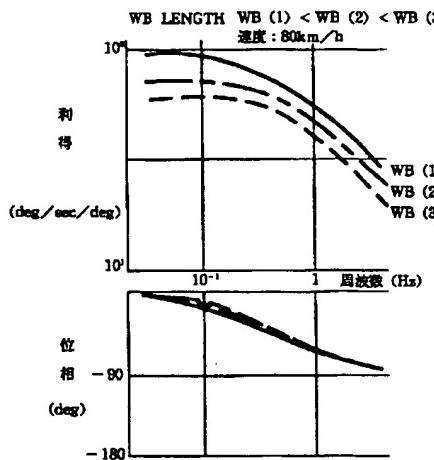
重心高 (hs) 推定式

$$h_s = \frac{c_0 K_m ( \frac{2K_m (L_r + L_f)^2}{V} - (K_m L_r - K_f L_f) (M_r + M_f) V )}{IK_m M_r V}$$

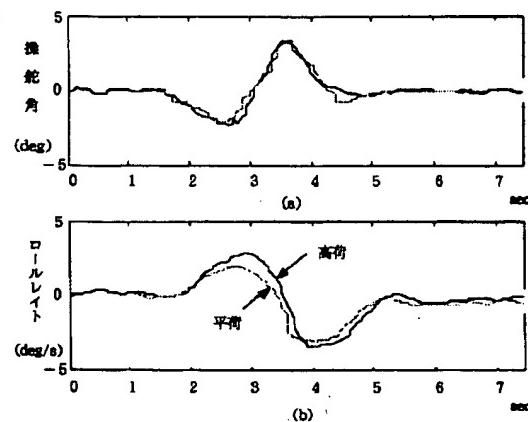
【図16】



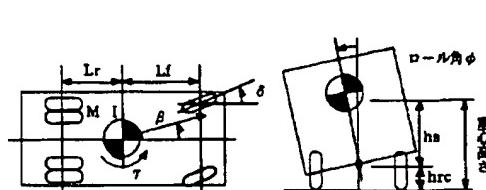
【図3】



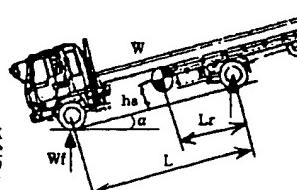
【図4】



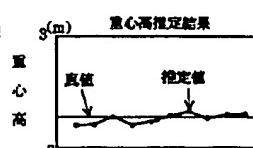
【図5】



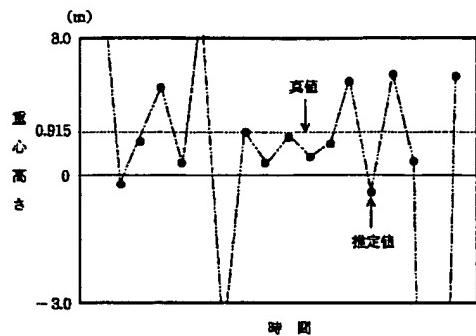
【図6】



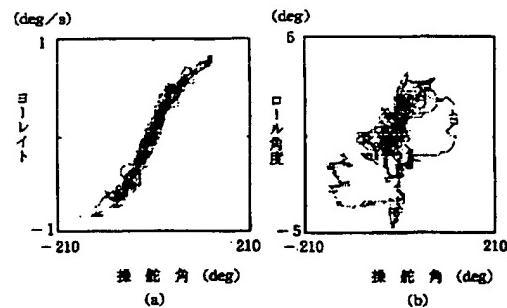
【図17】



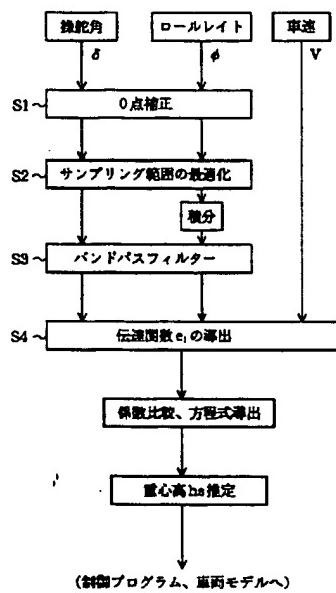
【図7】



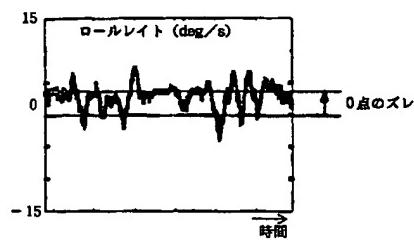
【図8】



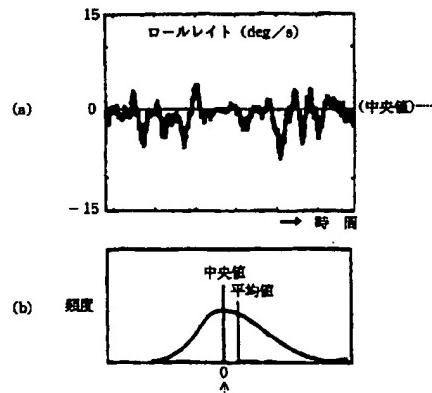
【図9】



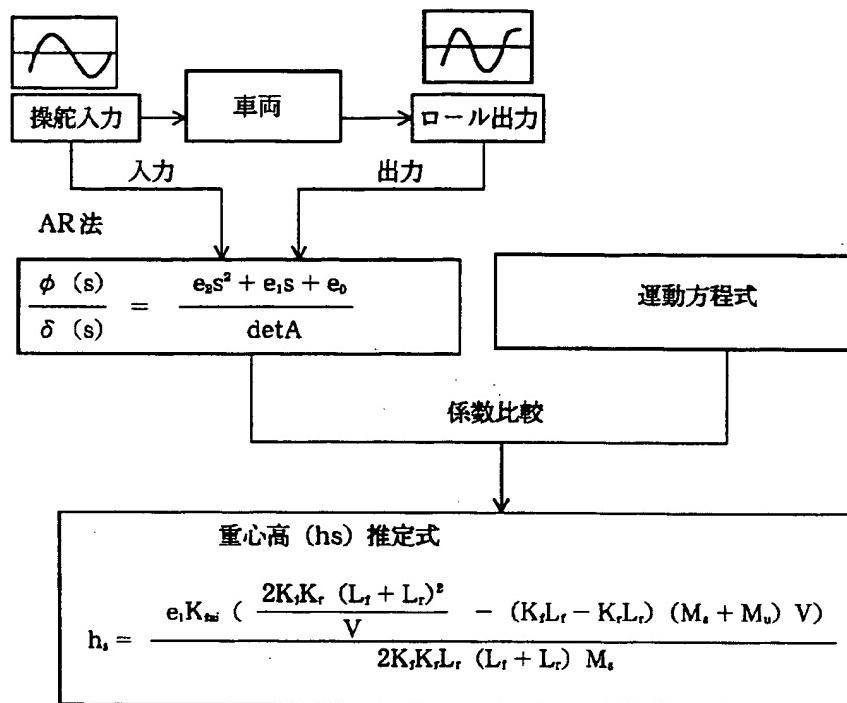
【図11】



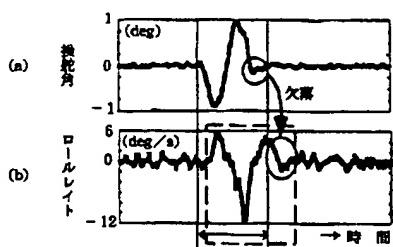
【図12】



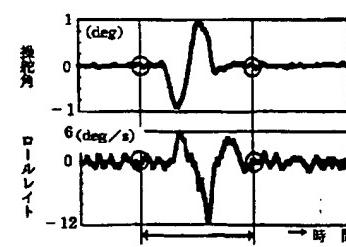
【図10】



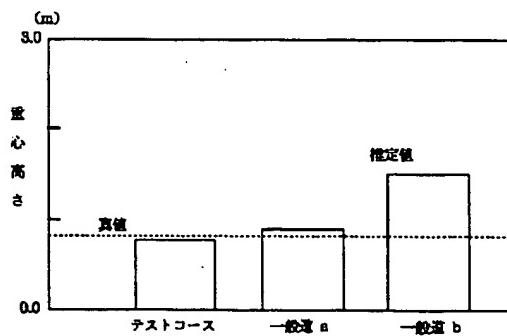
【図13】



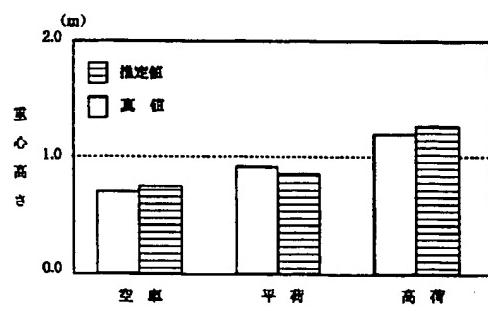
【図14】



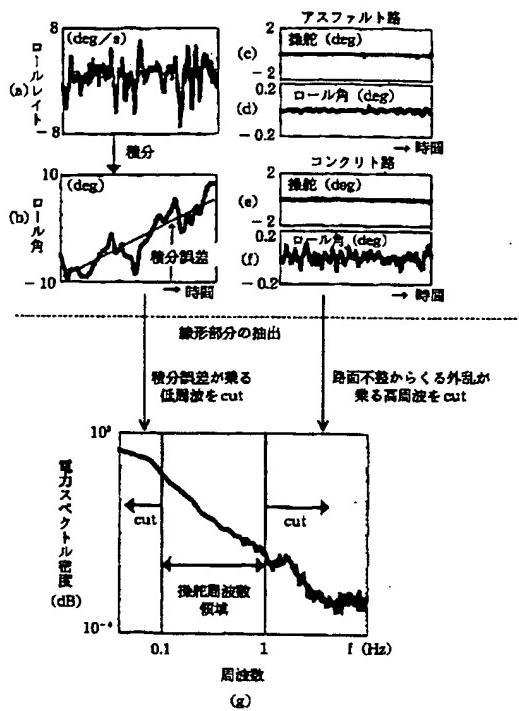
【図19】



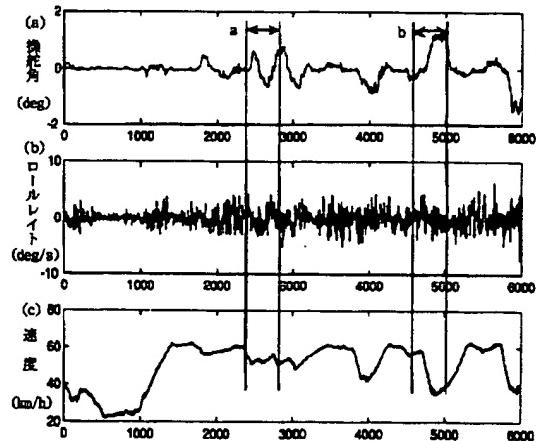
【図20】



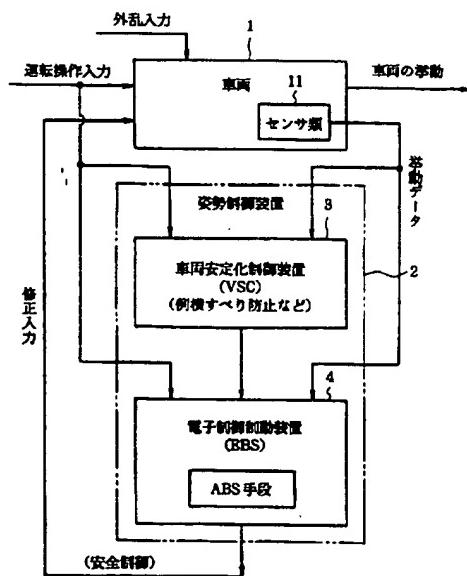
【図15】



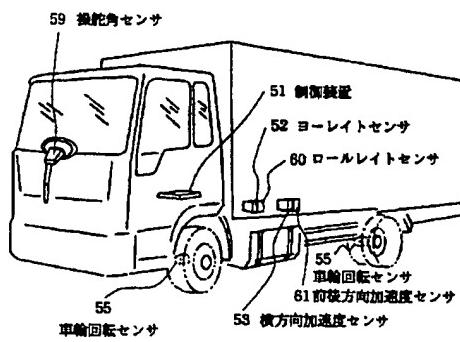
【図18】



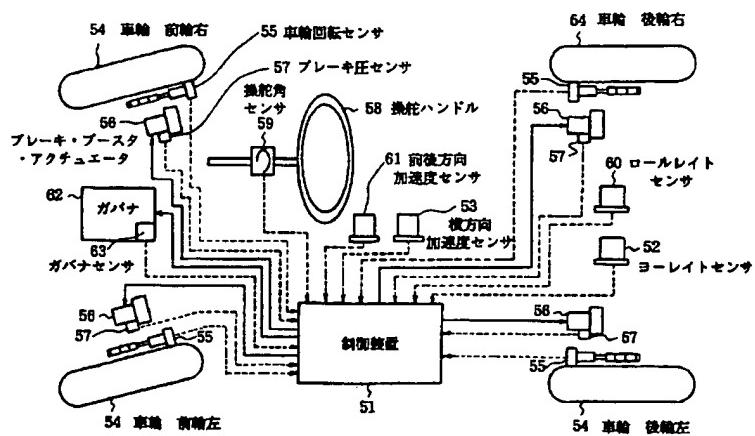
【図21】



【図23】



【図22】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 01 C 5/00

G 01 C 5/00

Z

// B 62 D 101:00

103:00

105:00

109:00

111:00

113:00

131:00

137:00